

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

SIMPOSIO SOBRE EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS EN ZACATECAS, MÉXICO.

RESIDUOS MINEROS EN VETA GRANDE Y FRESNILLO, ZACATECAS

Maldonado Tapia CH.

Cuerpo Académico de Biología Celular y Microbiología
Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

clau26_85@hotmail.com

La OMS estima que 15 y 18 millones de niños en países en desarrollo sufren daño cerebral por plomo (Pb). Se reportan elevados niveles de Pb en sangre. En Zacatecas es importante el envenenamiento por metales pesados, debido al funcionamiento de minas adyacentes. El envenenamiento por metales tóxicos es problema de México y el mundo, la contaminación presenta problemas en la salud humana, por el manejo inadecuado de sus residuos.

Objetivo: Determinación de Metales Pesados en Polvo en periferias de Zonas Mineras de Zacatecas.

Material y Métodos: El estudio se realizó en 3 sitios, por el Método de Espectrofotometría de absorción atómica, consiste en: a) Toma de Muestra polvo 1 gr. b) Secado de muestra en estufa 24 h a 72 °C. c) Digestión de Muestra. d) Procesamiento e) Análisis mediante la computadora.

Resultados. presencia de Pb en concentración **3847.125 ppm** en Veta Grande, están fuera de la norma, mientras que la zona minera de Fresnillo encontró Pb en concentración de **1417.410 ppm** dentro de la NOM, el control negativo Calera no se encontró metales tóxicos.

Discusión: Son importantes las afecciones que resultan de la contaminación ambiental, en la actualidad el estado de Zacatecas sigue siendo minero, es una fuente de empleo importante en el estado.

México se encuentra localizado en una región volcánica rica en minerales. La tradición minera en el país se remonta a la época prehispánica, con la explotación de yacimientos epitermales ubicados en las zonas de Taxco, Pachuca, Guanajuato, Querétaro, Zacatecas y Santa Barbara. Los de metasomatismo de contacto o skarn en Charcas, Zimapán, La Paz, San Martín. Esta actividad adquirió gran relevancia económica y social hasta el periodo de la colonia, convirtiéndose en el motor del crecimiento económico y modernización de la Corona española. La minería suministró insumos a la industria de la construcción, metalurgia, siderurgia y química por más de tres siglos, ayudando al desarrollo en el país. A nivel mundial, el auge de la minería mexicana se tradujo en un importante flujo de metales preciosos, plata, hacia los circuitos comerciales europeos. (Coremi 1994, Gutiérrez 2003, Romero et al., 2007).

Actualmente, la minería dentro de las industrias de sector primario es significativa aún cuando enfrenta problemas de mercados deprimidos (Coremi 1994, Gutiérrez 2003, Romero et al., 2007).

El avance de la tecnología en la industria minera mundial propició la introducción en México de procesos metalúrgicos como la flotación y la cianuración a inicios del siglo XX, permitiendo explotar mayores volúmenes de mineral con valor comercial, a la vez propició la generación de mayor cantidad de residuos, entre los que destacan los denominados "jales".

Los jales que se generan en el proceso de concentración de minerales de plomo, plata, zinc y cobre, generalmente contienen sulfuros metálicos residuales como la pirita (FeS_2), pirrotita (Fe_{1-x}S), galena (PbS), esfalerita (ZnS), calcopirita (CuFeS_2) y arsenopirita (FeAsS) son fuente de elementos potencialmente tóxicos (EPT) como arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), etc. (Romero et al., 2007).

El principal problema ambiental asociado a los jales está relacionado con la generación de drenaje ácido y su dispersión a través de los escurrimientos superficiales (dispersión hídrica).

El drenaje ácido se genera por la oxidación de los sulfuros metálicos y forma soluciones que se caracterizan por tener valores bajos de pH, altas concentraciones de EPT disueltos (Lin, 1997; Johnson et al., 2000; Moncur et al., 2005) al transportarse, pueden convertirse en un problema ambiental severo al contaminar suelos, sedimentos, aguas superficiales y aguas subterráneas (Bain et al., 2000; Armienta et al., 2001; Jung, 2001).

Para la oxidación en los jales, se necesita que contengan sulfuros metálicos reactivos, las condiciones climáticas apropiadas (aire, agua o atmósfera húmeda). La oxidación de los sulfuros metálicos en los jales es,

generalmente, limitada durante la operación de la mina y se desarrolla lentamente la oxidación de los sulfuros metálicos, los jales presentan una coloración café, amarilla o roja.

Es importante destacar que la oxidación de los sulfuros metálicos no siempre produce drenaje ácido, ya que la tendencia de los jales para generarlo es una función del balance entre los minerales productores de ácido (sulfuros metálicos) y los minerales con capacidad de neutralización (carbonatos, hidróxidos y aluminosilicatos). En general, cuando la capacidad de neutralización excede la capacidad de generación de drenaje ácido, se consumirá toda la acidez generada y las soluciones que drenen del depósito de jales tendrán un pH cercano al neutro.

Actualmente no existe una estimación confiable de la cantidad de depósitos de jales distribuidos en el territorio de la República Mexicana. Ramírez (2001), estima que en México existen poco más de 80 almacenamientos de jales en operación. Sin embargo, no existe un inventario de la cantidad y situación de las presas de jales inactivas abandonadas. Históricamente, los jales generados fueron depositados en los alrededores de las minas en sitios topográficamente bajos sin tomar en cuenta alguna medida de protección ambiental, convirtiéndose en focos de contaminación potencial para la región donde están ubicados (SEMARNAT, 2007).

Los jales estudiados de las dos unidades mineras seleccionadas tienen concentraciones totales relativamente altas de algunos de los EPT regulados en la Norma Oficial Mexicana de jales NOM-141 (arsénico, cadmio, plomo) y de los elementos propios de los yacimientos minerales de los cuales provienen los jales estudiados (cobre, zinc y hierro). Sin embargo, las concentraciones totales de los otros EPT (bario, cromo, mercurio, plata, plomo, selenio berilio, talio, níquel y vanadio) son relativamente bajas e inferiores a las concentraciones que podrían representar un riesgo para el ambiente y la salud de acuerdo a las Normas Ambientales Mexicanas. Los jales de la Unidad Minera del sur de México se caracterizan por tener las siguientes concentraciones totales de EPT: arsénico = 140 – 3627 mg kg⁻¹, cadmio = 0.5 – 338 mgkg⁻¹, plomo = 148 – 1931 mgkg⁻¹, cobre = 0.002 – 0.03%, zinc = 0.125 – 3.11 % y hierro = 6.7 – 35.7 %. Así mismo, en los jales de la Unidad Minera ubicada en el centro de México se determinaron las siguientes concentraciones totales: arsénico = 160 – 643 mg kg⁻¹, cadmio = 25 - 434 mgkg⁻¹, plomo = 300 - 10900 mgkg⁻¹, cobre = 0.02 – 1.55 %, zinc = 0.021 – 3.86 % y hierro = 2.4 – 5.16 % (Martín Romero F., *et al*, 2010)

El suelo alterado es el resultado de actividades mineras. Una de las anomalías biogeoquímicas que se generan al momento de la extracción, es el aumento de la cantidad de microelementos en el suelo convirtiéndolos a niveles de macroelementos los cuales afectan negativamente la biota y calidad de suelo; estos afectan el número, diversidad y actividad de los organismos del suelo, inhibiendo la descomposición de la materia orgánica del suelo (Wong, 2003). Salomons (1995) comenta que los jales son tóxicos para los organismos vivos e inhibidores de factores ecológicos afectando el crecimiento de las plantas. Ya que los suelos que quedan tras una explotación minera contienen materiales residuales, escombros estériles, representa problemas para el desarrollo de la cubierta vegetal, siendo sus características más notables (clase textural desequilibrada, ausencia o baja presencia de la estructura edáfica, propiedades químicas anómalas, disminución o desequilibrio en el contenido de nutrientes fundamentales, ruptura de los ciclos biogeoquímicos, baja profundidad efectiva, dificultad de enraizamiento, baja capacidad de cambio, retención de agua y presencia de compuestos tóxicos (García y Dorronsoro, 2002).

Colombo *et al.* (1998) comentan que la distribución de los metales pesados en los perfiles del suelo, así como su disponibilidad está controlada por parámetros como propiedades intrínsecas del metal y características de los suelos. Los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles al consumo de las raíces de los cultivos (Baird, 1999).

Las plantas cultivadas en suelos contaminados absorben en general oligoelementos, la concentración de éstos en los tejidos vegetales está a menudo directamente relacionada con su abundancia en los suelos, especialmente en la solución húmeda (Kabata-Pendias y Pendias, 2001) Gulson *et al.* (1996) mencionan que excesivas concentraciones de metales en el suelo podrían impactar la calidad de los alimentos, la seguridad de la producción de cultivos, la salud del medio ambiente, ya que estos se mueven a través de la cadena alimenticia vía consumo de plantas por animales y estos a su vez por humanos. Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación (Puga S, *et al.*, 2006).

La Organización Mundial de Salud estima que entre quince y dieciocho millones de niños en países en desarrollo sufren de daño cerebral permanente por el envenenamiento del plomo. Cientos de millones de niños y de mujeres embarazadas están expuestos a niveles elevados del plomo en estos países. Los niños,

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

de 2 y 3 años de edad son los de mayor riesgo, al estar expuestos a suelo contaminado por plomo, reportando en sangre elevados (6).

El Departamento de Salud de Texas en los Estados Unidos, señala efectos del plomo en la salud de los niños: Muerte, encefalopatía, nefropatía, anemia franca, cólico, alteración en la producción de hemoglobina, metabolismo de vitamina D, velocidad de conducción nerviosa, protoporfirina de los eritrocitos, toxicidad del desarrollo, modificaciones en el coeficiente intelectual, audición y crecimiento.

En México, investigadores han atendido el grave problema general del envenenamiento por plomo, se señala a los grupos de mexicanos en riesgo a la población que usa utensilios de cocina de barro vidriado, ciudades donde la contaminación atmosférica es intensa, especialmente la provocada por el uso de combustibles con aditivos basados en plomo, trabajadores de diversas industrias, como las minas, fábricas de baterías, pigmentos, población que vive en la cercanía de minas, fundidoras y otras industrias que procesan el plomo, consumidores de alimentos enlatados (2,6).

Díaz-Barriga 1995 y colaboradores descubrieron el papel que juegan el plomo, cadmio y arsénico. Señalan la existencia de casos graves de contaminación y la ausencia de estudios, sobre el impacto en la salud de los mexicanos.

En nuestro país llama la atención el envenenamiento por metales pesados entre la población infantil de Torreón, Coahuila, en el Norte-Centro de México. Provocado por plomo, cadmio y arsénico, elementos altamente dañinos para los humanos.

En Zacatecas es de importancia el tema de envenenamiento por metales pesados, se debe al funcionamiento de las minas adyacentes a nuestro estado de Zacatecas, situada en el centro de la ciudad de Veta Grande, Fresnillo, Villa de Cos, Mazapil, Concha del Oro y Zacatecas (6).

El envenenamiento por metales tóxicos no es un problema exclusivo de Zacatecas, si no de nuestro país y del mundo, la contaminación se presenta por diversas causas, así mismo es importante señalar que por la explosión demográfica se están construyendo viviendas en espacios cercanos a minas abandonadas. (4)

En Zacatecas el promedio de Pb encontrado en una comunidad vecina a una recicladora de Fresnillo fue de $4\,940 \pm 14\,950 \mu\text{g/g}$, en un intervalo que varía de 73 a $84\,238 \mu\text{g/g}$. De los terrenos próximos a la recicladora se obtuvieron muestras de nopal tapón (*Opuntia robusta*), pachón (*Opuntia spp*) y duraznillo (*Opuntia leucotricha*). Las concentraciones de plomo en los nopales son $368 \mu\text{g/g}$ para el tapón, $440 \mu\text{g/g}$ para el duraznillo y $1\,952 \mu\text{g/g}$ para el pachón, mientras que el camote tiene $422 \mu\text{g/g}$ del metal. La concentración de Pb en el Chile, obtenido de los terrenos próximos a la recicladora, es de $158 \mu\text{g/g}$, mientras que el usado como testigo tiene $87 \mu\text{g/g}$ (Manzanares *et al.*, 2006).

El impacto de la minería sobre el ambiente y la salud se relaciona con la composición del mineral, el tipo de explotación, el proceso de beneficio, la escala de las operaciones y las características del entorno. La composición de los residuos puede variar de acuerdo con las condiciones particulares de cada mina (Gutiérrez 2003).

La concentración de plomo detectada en muestras de suelo y árboles, en torno al almacén de residuos de la empresa «Reciclado de Metales», ubicado en la colonia urbana Las Flores en Fresnillo, varían entre 354 a $76418 \mu\text{g/g}$; cifras arriba de la norma máximo de $400 \mu\text{g/g}$ de Pb en suelo para uso residencial que la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos establece. Lo anterior indica un problema de contaminación por plomo que necesita ser atendido de manera urgente por las autoridades ambientales y sanitarias.

En Zacatecas tras el estudio que realizó el ingeniero Rafael Rodríguez Lozoya, sobre la calidad del agua potable del Municipio de Fresnillo Zac., arrojó que tiene plomo muy por arriba de lo permisible por la Norma Oficial Mexicana 127.

Añadió, el agua potable la define claramente la Organización Mundial de la Salud y la Ley de aguas nacionales en este país, están claramente definidos los parámetros que debe cumplir para ser considerada potable, la norma oficial mexicana 127 es la que determina qué características debe tener el agua para considerarse potable, ahí marca los límites permisibles.

"Para realizar el análisis deseado, se llevó a cabo un muestreo de agua en domicilios para luego ir al Centro de Estudios Nucleares de la Universidad Autónoma de Zacatecas y analizar del líquido.

El resultado es que el agua de Fresnillo está contaminada con plomo. La norma oficial mexicana 127 establece que los límites permisibles son de 0.025 miligramos por litro, mientras que en todas las muestras es-

tán por encima, teniendo como promedio 0.193 miligramos por litro de plomo. El sistema Pardillo tiene un contenido de plomo 7.7 veces arriba como marca la norma 127, en Carrillo.198, metal que es muy peligroso.

En lo referente A los contaminantes de metales pesados, se tiene énfasis en los riesgos y el punto rojo son las zonas mineras en todo el país, de esta manera acabamos de enviar un muestreo que se hizo a todos los pozos que surten de agua a Fresnillo, Sombrerete, Chalchihuites para evitar riesgos por contaminación de metales pesados.

OBJETIVO GENERAL:

Determinación de Metales Pesados en Polvo en las periferias de 2 Zonas Mineras del estado de Zacatecas

OBJETIVOS PARTICULARES

a) Determinación de la presencia de Plomo en polvo en la periferia de la zona minera del municipio de Fresnillo Zacatecas, mediante espectrofotometría de absorción atómica

MATERIA Y METODOS

El estudio se realizó en 3 sitios, en 2 espacios mineros del Estado de Zacatecas. Tomando muestras de 5 sitios diferentes con 5 repeticiones de las muestras de tierra. En colaboración con el laboratorio del Community College of Texas El Paso en el cual se realizaron la determinación de metales pesados por la técnica de espectrofotometría de absorción atómica.

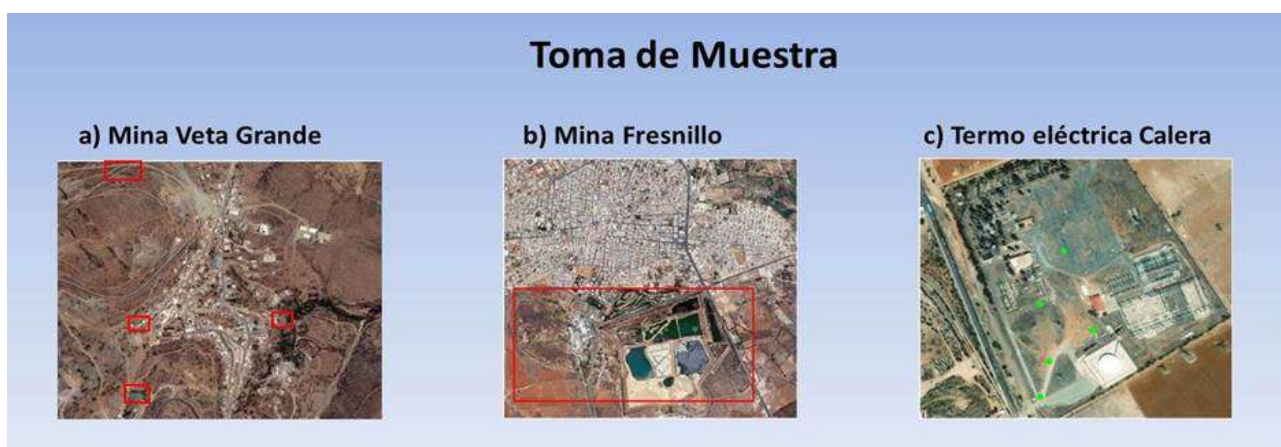
Parámetros de Evaluación

- I. Se realizara Toma de 1gr de Muestra de tierra, en diferentes proporciones:
 - a) de la superficie
 - b) 15 cm de profundidad
 - c) 30 cm de profundidad,
 - d) 60 cm de profundidad, con 5 repeticiones diferentes de cada sitio de las tres zonas de estudio.

METODOLOGÍA

Se realizo el Método de Espectrofotometría de absorción atómica, la cual consiste en:

- a) Toma de la Muestra de polvo 1 gr.
- b) Secado de la muestra en la estufa durante 24 hrs a 72° C
- c) Digestión de la Muestra utilizando soluciones acidas
- d) Procesamiento de la muestra
- e) Análisis de Muestra mediante la computadora



Como se ilustra en la figura no. 1

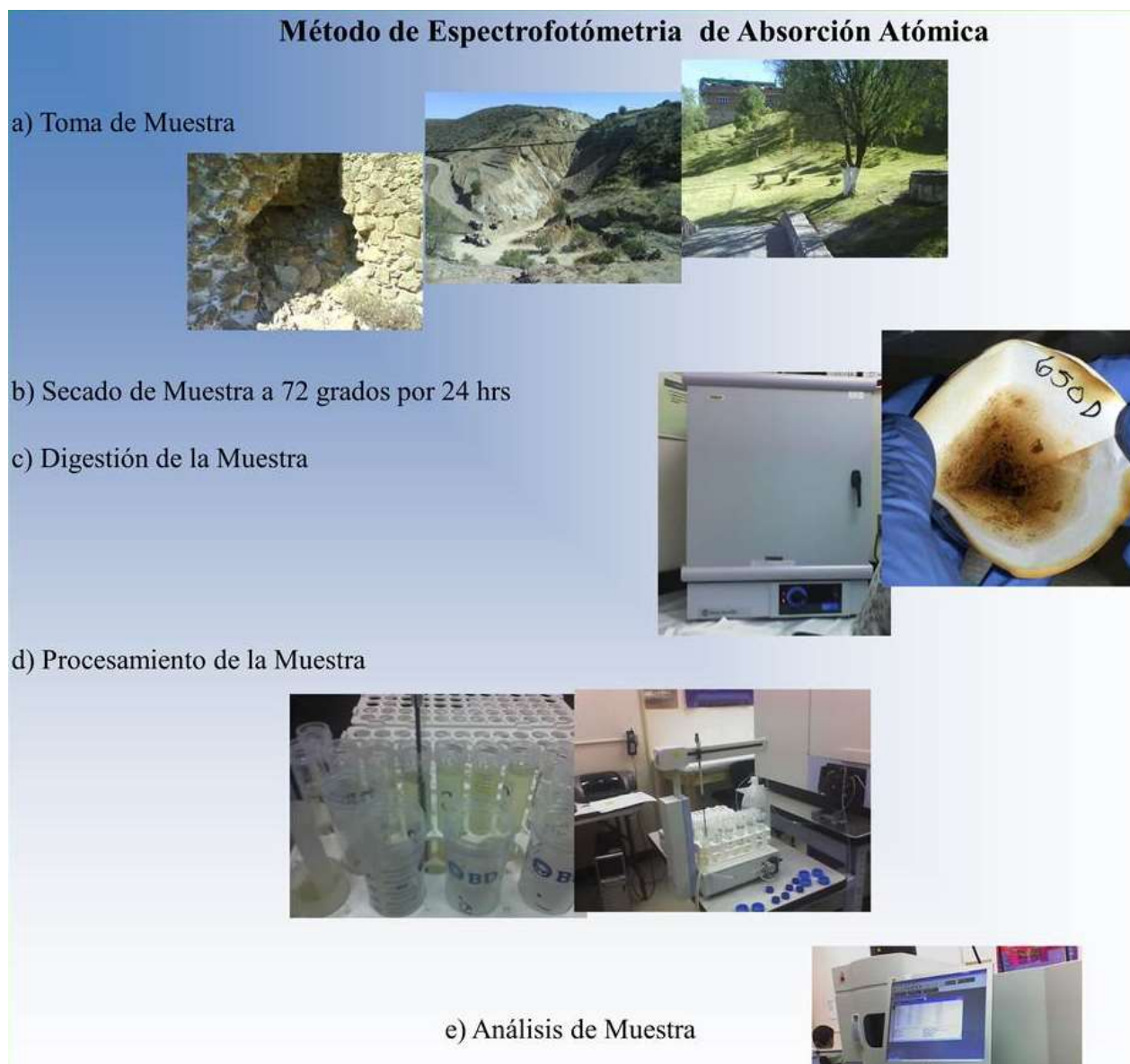


Figura no. 1 - Esquema de la metodología llevada a cabo

RESULTADOS

Se determinó la presencia de Pb en concentración de **3847.125 ppm** en muestras de la zona minera de Veta Grande, estos resultados están fuera de la norma, mientras que en la zona minera de Fresnillo se encontró Pb en concentración de **1417.410 ppm** las cuales están dentro de la NOM, y para el control negativo el cual es Calera no se encontró metales tóxicos.

DISCUSIÓN: En nuestro estado son importantes las afecciones que resultan de la contaminación ambiental ya que en la actualidad el estado de Zacatecas sigue siendo minero, es una fuente de empleo importante en el estado.

En el rubro de medio ambiente, las compañías mineras afirman tener años cumpliendo con la normatividad ambiental vigente en el país, la normatividad mexicana suele ser laxa, adolece de lagunas y de normas. No existe Norma Oficial Mexicana sobre concentración de metales pesados en el suelo ni sobre emisión de metales pesados a la atmósfera. Existe una norma que establece límites máximos a la concentración de plomo en la atmósfera pero no constituye un nivel máximo de emisiones (11). Por lo anterior es importante dar a conocer las concentraciones de plomo que se reportaron con el presente estudio, para evitar contaminación del medio ambiente y población. Existen resultados en estudios en niños en sangre donde las concentraciones reportadas fueron superiores a lo permitido por la NOM - 147 (SEMARNAT, 2007), por lo que es un problema de salud pública (6).

En el presente trabajo se encontró que los niveles de plomo en el polvo de los alrededores de la mina de Veta grande es arriba de la NOM - 147, mientras que la de las periferias de la compañía de Peñoles está por debajo de lo permitido., se han encontrado resultados de Manzanares *et al* 2006. En Fresnillo en torno al almacén de la empresa Recicladora de Metales de Fresnillo Zacatecas, esta por lo cual es de importancia la limpieza de los terrenos aledaños a las zonas mineras.

CONCLUSIÓN

Los resultados de las muestras del municipio de Veta Grande están por encima de lo permitido en la NOM - 147, mientras que los resultados de Calera son negativos ya que fue el grupo control del estudio, por lo que se puede deber a las acciones que se han determinado en las Minas para evitar la expansión de partículas de metales tóxicos.

BIBLIOGRAFIA

1. Armienta, M.A., Villaseñor, G., Rodríguez, R., Ongley, L.K., Mango, H., 2001, The role of arsenic-bearing rocks in groundwater pollution at Zimapan Valley, Mexico: *Environ. Geol.* 40 (4-5), 571-581.
2. Bain, J.G., Blowes, D.W., Robertson, W.D., Frind, E.O., 2000, Modelling of sulfide oxidation with reactive transport at a mine drainage site: *J. Contam. Hydrol.* 41 (1-2), 23-47.
3. Bowell, R.J., 1994, Sorption of arsenic by iron oxides and oxyhydroxides in soils: *Appl Geochem* 9, 279-286.
4. Díaz Barriga MW., Tabor L., Carrizales J., Calderón L., Batres L., Yáñez and Castelo J. 1995. Measurement of placental Levels of Arsenic, Cadmium and Lead as Biomarkers of Exposure to Mixtures. *Environmental Health Research.* No. 50 pp. 139-149.
5. González Valdez E., González Reyes E., Bedolla Cedeño C., Arrollo Ordaz E L., Manzanares Acuña E., 2008. Niveles de Plomo en sangre y factores de riesgo por envenenamiento de plomo en niños Mexicanos. *Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia.* No. 43. pp. 114.119.
6. Jung, M.C., 2001, Heavy metal contamination of soils and waters in and around the Imcheon Au-Ag mine, Korea: *Appl. Geochem.* 16 (11-12), 1369-1375.
7. Lindberg M.J., Deutsch W.J. 2006 .Comparison of Sludge Digestion Methods for High Organic Hanford Tank 241-C-204. Pacific Northwest National Laboratory. Operated by Battelle for the US. Department of Energy. pp. 1-5.
8. Lawrence, R.W., Wang, Y., 1997, Determination of neutralization potential in the prediction of acid rock drainage: Fourth International Conference on acid rock drainage. Vancouver, BC. Canada. 198, 13-31.
9. Manzanares Acuña E., Vega Carrillo R., Salas Luevano MA., Hernández Dávila VM., Letechipía de León C., Bañuelos Valenzuela R. 2006. Niveles de plomo en poblaciones de alto riesgo y su entorno en San Ignacio Fresnillo, Zacatecas México. *Salud Pública de México Instituto Nacional de Salud Publica Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe España y Portugal.* Universidad Autónoma del estado de México. pp. 212-219.
10. Manzanares Acuña E., Vega Carrillo R., Letechipía de León C., Salas Luevano MA., Hernández Dávila VM. 2006. Plomo en Suelo y árboles de la colonia Las Flores Fresnillo, Zacatecas *Revista Digital de la Universidad Autónoma de Zacatecas Nueva época.* Vol. 2 No. Especial ISSN 0188-5367. pp.1-2.
11. Niveles y límites máximos permisibles en Normas Oficiales de Mexicanas. 2002. Secretaria de medio ambiente y Desarrollo de Jalisco Sustentable.
12. Romero, F. M., Armienta, M. A., and González-Hernández G., 2007, The solid-phase control on the mobility of potentially toxic elements in an abandoned lead/zinc mine tailings impoundment, Taxco, México: *Appl. Geochem.* 22: 109-127
13. Romero, Martín Francisco., Gutiérrez Ruíz Margarita. 2010. Estudio comparativo de la peligrosidad de jales en dos zonas mineras localizadas en el sur y centro de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana.* Volumen 62, No. 1, pp. 43-53.
14. Skip H.M., Kingston and Peter., Walter J., 1996. Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceus and Organically Based Matrices. Chemistry Department, Duquesne University, Pittsburgh. PA. 15282.

III CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE CAMBIO CLIMATICO Y DESARROLLO SUSTENTABLE

15. Salud Ambiental Criterios para la determinación de los niveles de concentración de plomo en la sangre. Acciones para proteger la Salud de la población no expuesta ocupacionalmente. Métodos de prueba Norma Oficial Mexicana NOM-EM-004-SSA-1999. Diario Oficial de la federación, Viernes 25 junio de 1999. Primera sección pp. 71-82.
16. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2007, Norma Oficial Mexicana (NOM-147-SEMARNAT/SSA1) que establece los criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio. Diario Oficial de la Federación, 2 de marzo de 2007. México.
17. Valdés Pérez Gasga F., Cabrera Morelos VM., 1999. En defensa del Ambiente La contaminación por metales pesados en Torreón Coahuila, México. Texas Center for Policy Estudios.